ＡＢＳ効果のタイヤ依存性*

前田　茂**　　下洞　智志**

Braking Force of ABS Dependent on Tires

Shigeru Maeda　　Satoshi Shimobora

We have conducted a series of experiments on a car fitted with an antilock brake system (ABS) to get hold of the behavioral characteristics the car shows when it brakes to a halt.
The experiments fall in two by two categories ― on a dry road and on a wet road; with the ABS in operation and with the ABS out of operation.
Then experiments in each category are carried under three different conditions of tires ― with brand-new tires on; with half-worn tires on; with worn-out tires on.
Last but not least, experiments are reiterated by replacing one of the tires in all the cases with a temporary use spare tire.
The characteristics the car bears in each case are measured by making use of a stamping machine and comparatively analyzed to make clear that the conditions of tires involve the effectiveness of the ABS.

Key Words: antilock braking system (ABS), tire, stability, safety

1.　はじめに

現在，乗用車の制動装置に一般的に標準装備となったＡＢＳだが，普及する前は「制動距離の短縮」，「制動姿勢の安定」，「急制動時の障害物回避」などを売りに，新車時のメーカーオプションとして販売されていた．

その後，ユーザーの安全に対する意識の向上から，オプションであったＡＢＳは現在では各メーカーからほとんどの乗用車に標準装備として販売されている．

しかし，現在では当初言われていた「制動距離の短縮」，「制動姿勢の安定」，「急制動時の障害物回避」のうち「制動距離の短縮」はあまり言われなくなり，車両の取扱説明書の中では，ＡＢＳは制動距離を短くするためのものではなく，状況によっては制動距離が伸びる旨が記載してあり，ＡＢＳの目的としては「制動時の安定性」，「急制動時の障害物回避性」を強調している様である．

そこで，ＡＢＳ車の安全な運行を行うために，ＡＢＳ効果のタイヤによる依存性について今回は調査し，新品タイヤを装着した場合に比べ，タイヤが摩耗した場合に，効果に変化があるのか，また特殊な場合として，パンク時に応急用タイヤを装着するが，その場合にどのような変化が発生するかを調べた．

特に応急用タイヤを装着した場合はＡＢＳが正常に作動しないことがあると，取扱説明書に記載されているが，どのような危険性があるのかを走行実験により，定量的に把握しておくことは，安全運転を行うに際し意味のあることと考えられる．

以上により，ＡＢＳが装着された車（以下ＡＢＳ車）とＡＢＳを装着していない車（以下ＡＢＳ未装着車）について，路面が乾いている場合（以下乾燥路面）と，雨天などにより濡れた路面（以下湿潤路面）における車の制動特性について制動距離と制動時の車体の横ずれ量がどの程度変化するのかを走行実験により調査したので報告する．

＊　　平成１６年８月３日受理

＊＊　高山短期大学

2.　実験装置

実験は図１および表１の車両を使用し，ＡＢＳ車はその車両を標準状態のまま使用した．ＡＢＳ未装着車としては同車両のＡＢＳを作動出来ない様にした状態とし，ＡＢＳ車とＡＢＳ未装着車で同じ諸元の車両とした．

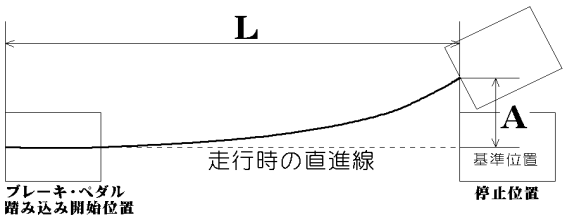
図１　実験車両及び応急用タイヤ装着状態

表　１　　実　験　車　両　の　諸　元

車　　名		トヨタ
型　　式		Ｅ－ＥＬ４４
総排気量		１，４９６㎤
変速機		４速オートマチック
駆動方式		前輪駆動
制動装置	前輪	ディスク・ブレーキ
	後輪	リーディングトレーリングシュー式ドラムブレーキ
ＡＢＳの分類		４センサ３チャンネル　Ｘ配管Ｄ・Ｐバルブ付
車両質量		８７０ｋｇ
前軸荷重		５，３９０Ｎ
後軸荷重		３，１４０Ｎ
タイヤサイズ		１７５／６０Ｒ１４　　８２Ｓ
応急用タイヤ		Ｔ１１５／７０Ｄ１４

タイヤは，新車時に標準装備されているものと同じ溝の深さ6mmのタイヤ（以下新品タイヤ），タイヤの山が半分摩耗した溝の深さ3mmのタイヤ（以下５分山タイヤ），スリップサインの出ている溝の深さ1mmのタイヤ（以下摩耗タイヤ）の３種類を使用し，空気圧は基準値の0.196MPaとした．また応急用タイヤも実験車に標準装備されているタイヤを用い，空気圧を基準値の0.411MPaにて使用した．

図２　スタンプテスタ



Ｌ：制動距離（m）
Ａ：横ずれ量（mm）

図３　制動距離と車体の横ずれ量

制動距離並びに制動姿勢はスタンプテスタ（図２）を使用し，図３の様にブレーキペダルを踏んだ瞬間から車両が停止するまでの制動距離（Ｌ）とそのときの車体の横ずれ量（Ａ）を測定する．

ＡＢＳの作動，非作動は図４の様にＡＢＳアクチュエータから左前輪ディスクブレーキキャリパ及び左後輪ホイールシリンダのブレーキパイプ途中に設けた油圧センサからの信号をパソコンに取り入れた波形（図５），並びにＡＢＳアクチュエータの２つのポンプに並列に取り付けたＬＥＤの点灯により確認する．

また，踏力もブレーキペダルに取り付けた踏力計，並びに踏力計からの信号をブレーキ油圧と共にパソコンに取り入れた波形により確認した．

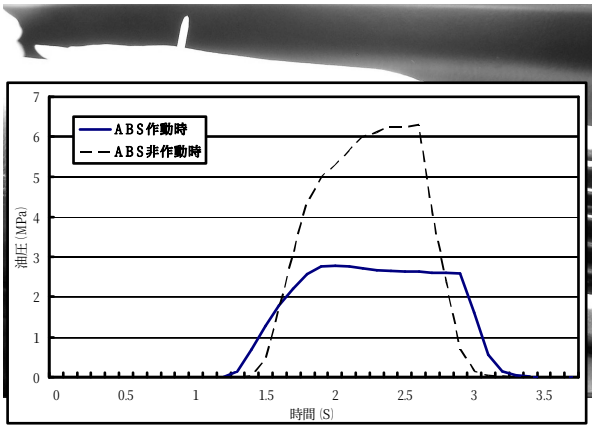


図４　油圧センサ
図５　ブレーキ油圧の変化

3.　走行実験方法

走行実験は，直線アスファルト舗装道路で乾燥路面と湿潤路面にて車速10km/hから60km/h間にて10km/h毎で行った．ブレーキペダルの踏み込みは，急制動による実験であることを

考慮し，400N以上の踏力にて車両が停止するまで一定の力で踏み続けた．

制動距離と制動姿勢の計測は，ＡＢＳ車ではＡＢＳが作動したとき，ＡＢＳ未装着車ではホイールがロックしたときの各条件にて数回測定を行いその平均値とした．

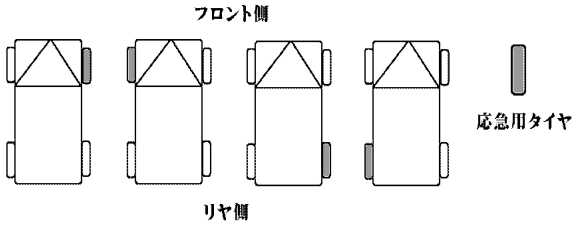
車体の横ずれ量は，制動開始後ハンドルは直進状態で固定し，停止時にどの程度基準位置から左右の横方向に移動したかを測定した．

タイヤの摩耗量の違いは，新品タイヤを装着した場合に対し，４輪全てに５分山タイヤまたは，摩耗タイヤを取り付けた場合のＡＢＳ車とＡＢＳ未装着車で行った．

応急用タイヤは図６の各位置に取り付け，それ以外のタイヤは新品タイヤを使用して走行実験を行った．

また，応急用タイヤは前輪の左右に装着した場合と後輪の左右に装着した場合の値を測定し，左右の測定値の平均値を示してある．

図６　応急用タイヤの取り付け位置



4.　実験結果と考察

以後の図中の記号は以下の条件を示す．

「新」の記号は４輪とも新品タイヤを装着した場合を示し，「５」の記号は４輪とも５分山のタイヤを，「摩」は４輪とも摩耗タイヤを装着した場合を示す，また「Ｆ」は，応急用タイヤを前輪に装着した場合を示し，「Ｒ」は，後輪に装着した場合の結果を示す．

乾燥は，乾燥路面を示し，湿潤は，湿潤路面を示す．

よって，Ｆ湿潤は，応急用タイヤを前輪に装着した場合の湿潤路面での実験結果を示す．

4.1.　制動距離

図７は，ＡＢＳ車の制動距離を示す．

図より，ＡＢＳ車における制動距離のばらつきは小さいことがわかる．これは５分山タイヤや摩耗タイヤを装着した場合においても，応急用タイヤを前輪または後輪に装着した場合においても，新品タイヤとほぼ同じ制動距離となっていることを示す．また，湿潤路面であっても，乾燥路面であっても，やはり，ほぼ同じ制動距離となっていることがわかる．

図７　ＡＢＳ車の制動距離

図８は，ＡＢＳ未装着車の制動距離を示す．

図より，ＡＢＳ未装着車における制動距離は，５分山タイヤや摩耗タイヤでは殆ど新品タイヤと変わらないが，応急用タイヤを装着した場合には，新品タイヤと比べて多少増大しており，さらに応急用タイヤを後輪より前輪に装着した場合に増大している．しかし，いずれの場合もその増加率は数％程度であり，さほど大きく増加していないことが分かる．

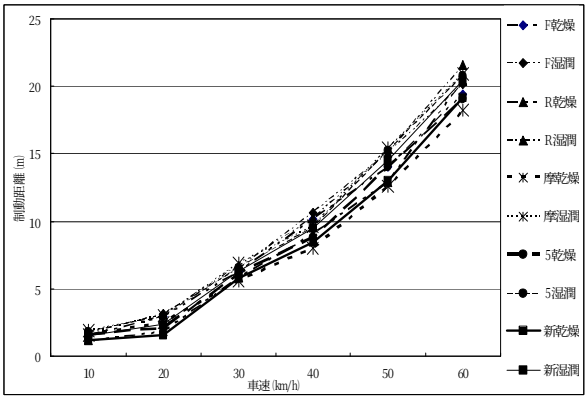
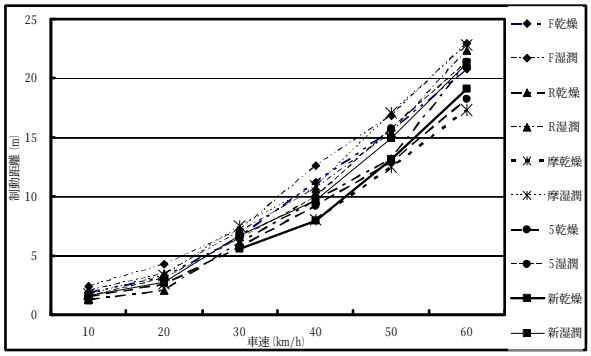
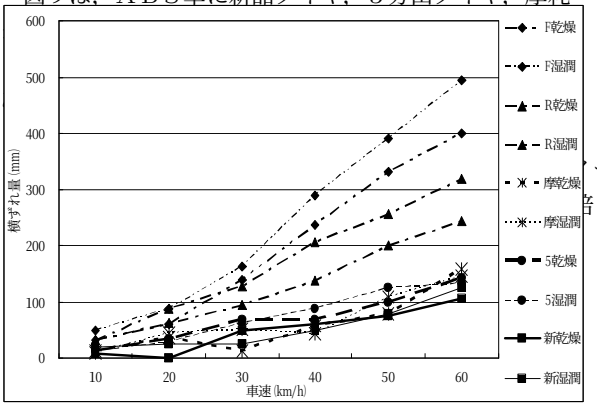


図８　ＡＢＳ未装着車の制動距離

4.2.　横ずれ量

図９は，ＡＢＳ車に新品タイヤ，５分山タイヤ，摩耗





ヤと比較して車速60km/hの湿潤路面で２倍以上の横ずれ量となる場合にもなることがわった．

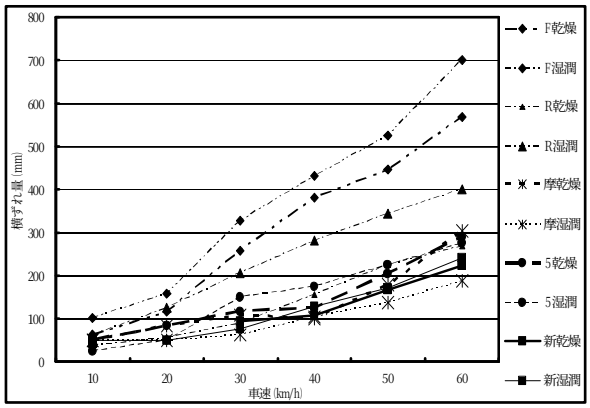
図９　ＡＢＳ車の横ずれ量

乾燥路面に対する湿潤路面の横ずれ量の増加率は，新品タイヤ，５分山タイヤ，摩耗タイヤ共にあまり大きな差は認めらず，例えば車速60km/hで15%以下である．それに対し，応急用タイヤを装着した場合には，後輪に装着した場合に24%，前輪に装着した場合に31%と共に湿潤路面において増大することがわかる．

図10は，ＡＢＳ未装着車に新品タイヤ，５分山タイヤ，摩耗タイヤ，応急用タイヤを装着した場合の横ずれ量を示す．

ＡＢＳ車に比べ，どの場合にも横ずれ量の値は増大しているが，その傾向は，ＡＢＳ車と同じ傾向を示す．

図10　ＡＢＳ未装着車の横ずれ量



4.3.　横ずれ率

制動距離と横ずれ量の割合を横ずれ率として，以下のように定義した．

$$\text{横ずれ率（\%）} = \frac{\text{横ずれ量（mm）}}{\text{制動距離（mm）}} \times 100$$

横ずれ量は，タイヤの種類や車速の違いなどにより，制動距離が変わる場合にその量も変わる，そこで横ずれ率にすることにより，同じ制動距離に対する横ずれ量が分かる．

図11　横ずれ率

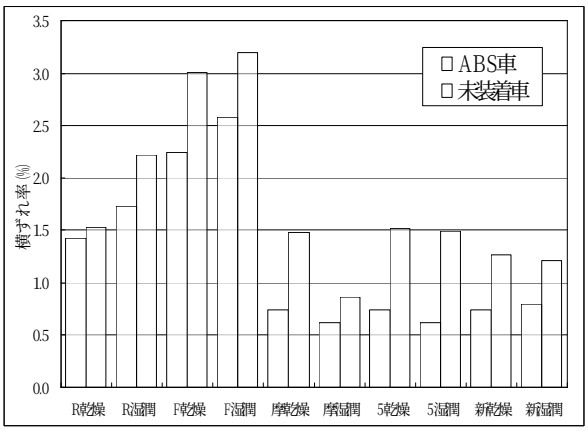


図11は，各タイヤを装着した場合の，ＡＢＳ車とＡＢＳ未装着車の横ずれ率を示す．

図より，湿潤路面において，新品タイヤと比較すると，５分山タイヤや摩耗タイヤでは若干減少しているもののほぼ同じと言える．しかし，後輪に応急用タイヤを装着した場合，ＡＢＳ車，ＡＢＳ未装着車で約２倍に増加し，前輪に応急用タイヤを装着した場合，ＡＢＳ車で約３倍強，ＡＢＳ未装着車で約３倍弱となった．

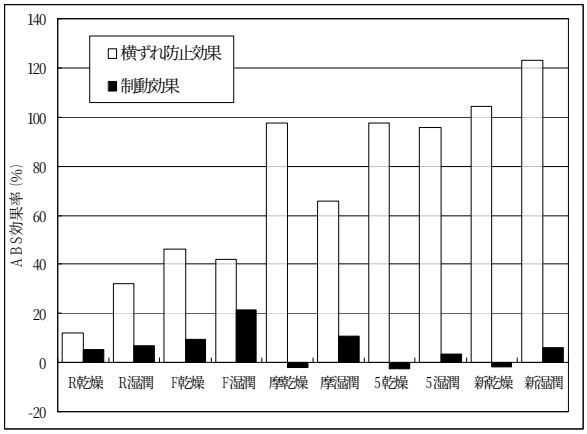
以上より，摩耗による横ずれ率の増加は，ごく少ないと言えるが，応急用タイヤを装着した場合には，極端に増大し，さらに前輪に装着した場合は，後輪に装着した場合に比べ，さらに増大することが分かる．

よってタイヤの摩耗に対しては，制動距離又は横ずれ量に対してそれほど性能低下を気にする必要はない．それに対し，応急用タイヤを装着した場合は，制動距離の増大には気を配らなくても良いが，ハンドルを取られたり，横向きとなることに対しては，気を付けて運転しなければならないことがわかった．

4.4.　ＡＢＳ効果率

ＡＢＳの効果を数値化するために，以下のように，ＡＢＳ効果率を定義した．

$$\text{ＡＢＳ効果率（\%）} = \frac{\text{（ＡＢＳ未装着車の値－ＡＢＳ車の値）}}{\text{ＡＢＳ車の値}} \times 100$$



ＡＢＳの効果は，一般に低速時より高速時の方が，より有効となることから，40km/h，50km/h，60km/hの各条件で測定した値からＡＢＳ効果率を算定し，平均値を求めた．

図12　ＡＢＳ効果率

図12は，制動距離のＡＢＳ効果率と，横ずれ量のＡＢＳ効果率を示す．

図より，制動距離に対するＡＢＳ効果率は，新品タイヤに対し５分山タイヤや摩耗タイヤでは，湿潤路面の差は3%ほどで大差はないと言える．また応急用タイヤを後輪に装着した場合は，新品タイヤと変わらないが，前輪に装着した場合は15%ほど増加している．しかし，ＡＢＳの効果としてはあまり期待は出来無い．

横ずれ量に対するＡＢＳ効果は，新品タイヤに対し，タイヤ溝の違いでは，乾燥路面でそれぞれ7%，湿潤路面で５分山タイヤは27%，摩耗タイヤで57%も低下している．更に応急用タイヤを後輪に装着すると，乾燥路面，湿潤路面共に92%，前輪に装着すると乾燥路面で58%，湿潤路面で81%も低下することがわかった．

以上より，制動距離に対するＡＢＳ効果は，タイヤの摩耗量の違いや応急用タイヤを装着しても，今回の実験では，あまり期待できないという結果となった．これは，路面がアスファルト面であるため，ＡＢＳがなくても，十分な制動力が得られる路面であったことによるものと考えられる．

また，応急用タイヤを装着していない乾燥路面において，共にＡＢＳの効果率がマイナスとなっている．これは，乾燥路面では４輪共同じ溝のタイヤを履いた場合には，ＡＢＳを働かせず完全ロックさせた方が，制動距離が短くなるものと考えられる．

横ずれ量に対するＡＢＳ効果は，４輪とも同じ溝のタイヤを装着している場合，乾燥路面ではタイヤの摩耗量に関係なく大きな効果が発揮されることがわかった．しかし，湿潤路面ではタイヤが摩耗するに従い大きく低下することがわかった．

また，１輪でも応急用タイヤのように特性の異なるタイヤが装着されると，ＡＢＳ効果率は，大きく低下することがわかる．尚，応急用タイヤを後輪に装着した場合には，前輪に装着した場合に比べＡＢＳ効果率が低いことがわかるが，これは本実験に用いたＡＢＳ車は，４センサ３チャンネルの為，前輪は左右独立制御されるのに対し，後輪は左右独立制御ではないためではないかと推測される．

5. まとめ

(1) アスファルト路面における制動距離は，ＡＢＳの有無，乾燥路面か湿潤路面，タイヤの摩耗状況，応急用タイヤを履いているか否か等にかかわらず，ほぼ同じ制動距離となる．

(2) 横ずれ量は，応急用タイヤを前輪に装着すると，後輪に装着した場合に比べ，大きく増大する．

(3) 湿潤路面の横ずれ量は，応急用タイヤを装着していない場合には，ＡＢＳ車であっても，ＡＢＳ未装着車であっても，共に，増大することなく安定しているが，応急用タイヤを装着すると，ＡＢＳ車においてもＡＢＳ未装着車においても，共に，増大する．

(4) 横ずれ率は４輪とも同じ溝のタイヤを使用した場合は湿潤路面であってもあまり変化はないが，応急用タイヤを使用すると，２倍から３倍以上にもなる．

(5) 横ずれ量のＡＢＳ効果率は，４輪とも同じ溝のタイヤであっても，湿潤路面では摩耗するに従い低下する．更に，応急用タイヤを履いた場合には，大きく低下する．よって，ＡＢＳ車であっても，摩耗したタイヤや応急用タイヤを履いた場合には，ＡＢＳを装着していない車とあまり変わらない．

6. あとがき

今回得られた内容を整備士教育に生かし，ＡＢＳ車であっても，タイヤが摩耗した場合や，応急用タイヤを装着した場合，またその取り付け位置などのより，どのような危険が予想され，更に路面状態や車速の上昇によりどの程度危険が増大するのかを説明し，安全教育に役立てたいと考える．

謝　辞

本研究は，財団法人東京自動車技術普及協会の助成金を受けたものであり，記して謝意と致します．

参考文献

(1)（社）自動車技術会：自動車技術ハンドブック３　試験・評価編，　1992, p 58-67

(2)トヨタ自動車（株）：トヨタサイノス新型車紹介，　1991, p 43-59　諸元表

(3)全国自動車整備専門学校協会：シャシ構造Ⅱ，　1998，　p 75-81